

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-006709

(43)Date of publication of application : 10.01.1990

(51)Int.Cl.

G01C 3/06

G02B 7/32

(21)Application number : 63-155454

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 23.06.1988

(72)Inventor : MIZUTANI HIDEO

(54) SURFACE DISPLACEMENT DETECTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the detection accuracy by placing a linear pattern being parallel to an incident surface on the same optical axis as a linear pattern being vertical to the incident surface, and setting a reference position of the vertical pattern by an image forming state of an image of the parallel pattern.

CONSTITUTION: A luminous flux from a light source 11 illuminates cross-shaped slits 13A, 13B being linear patterns on a slit plate 13 being vertical to an optical axis, and a slit image is projected at an incident angle α onto the surface to be inspected 1. Its reflected light is condensed through a diaphragm 22, and the slit image is formed again on a light receiving slit plate 23.

Subsequently, by detecting the displacement quantity Δy in the direction being parallel to the incident surface on the plate 23 of the pattern 13A being vertical to the incident surface S of the cross-shaped slit, a displacement in the vertical direction of the surface 1

can be detected. Also, by detecting a focus on the plate 23 of the pattern 13B being parallel to the incident surface S, a conjugate relation of the plate 13 and the plate 23 can be set exactly. In such a way, the reference for detecting the displacement of the surface 1 by the pattern 13A can be set with high accuracy.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許出願公告番号

特公平7-39955

(24) (44) 公告日 平成7年(1995) 5月1日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 C 3/06	A			
G 0 1 B 11/00	B			
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 2 6 B

請求項の数3 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願昭63-155454

(22) 出願日 昭和63年(1988) 6月23日

(65) 公開番号 特開平2-6709

(43) 公開日 平成2年(1990) 1月10日

(71) 出願人 999999999

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 水谷 英夫

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式

会社ニコン大井製作所内

(74) 代理人 弁理士 渡辺 隆男

審査官 櫻井 仁

(56) 参考文献 特開 昭62-299716 (J P, A)

(54) 【発明の名称】 表面変位検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】被検面上に該被検面に対して斜め方向から所定形状のパターンを投射する照射光学系と、該被検面で反射された光束を受光して前記所定パターンの像を再結像するための集光光学系と、該反射光束の集光光学系による集光位置を検出する検出手段とを有する表面変位検出装置において、前記照射光学系により被検面上に投射されるパターンを該被検面に対する光束の入射面に垂直な直線状パターンとし、前記照射光学系と集光光学系との少なくとも一方に前記入射面に平行な方向において結像光束の開き角N.A.を小さく制限する制限手段を設け、前記入射面に垂直な直線状パターンと同一の光軸上位置に該入射面に平行な直線状パターンを配置すると共に、該入射面に平行な直線状パターンの像の位置を変位させる光学部材を配置し、該光学部材による該入射面に

平行な直線状パターンの像の結像状態によって前記入射面に垂直な直線状パターンの光軸方向での基準位置を設定し、前記入射面に垂直な直線状パターンの前記検出手段上における像の変位量によって被検面の変位を検出することを特徴とする表面変位検出装置。

【請求項2】前記被検面上に投射される所定パターンは、前記入射面に平行な直線状パターンと該入射面に垂直な直線状パターンとを有する十字状パターンであることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の表面変位検出装置。

【請求項3】前記被検面上に投射される所定パターンは、光軸上の所定位置にて該光軸を中心として90°回転可能であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の表面変位検出装置。

【発明の詳細な説明】

〔産業上の利用分野〕

本発明は表面変位検出装置に関し、例えば半導体製造装置における焦点位置検出装置に適用して好適なものである。

〔従来の技術〕

従来、半導体製造装置における焦点位置検出装置として、本願と同一出願人による特開昭56-42205号公報に開示されているように、投影レンズによってマスクパターンが転写される位置に配設された半導体ウエハに対して、斜め方向から検出光を照射する斜め入射型の焦点位置検出装置が用いられている。

この焦点位置検出装置は、半導体ウエハの表面を被検出面として、該被検出面にスリット状のパターンをスリットの長手方向が、入射光と反射光とで張る平面、即ち入射面と垂直になるような方向で投射し、その反射光により光電変換素子で検出手段上に再結像をさせ、検出手段上の反射光の入射位置を判知し得るようになされている。

この構成において被検出面となる半導体ウエハの表面が上下方向に変位する（投影レンズの光軸に沿って近づいたり遠のいたりすることをいう）と、その上下方向の変位に対応して検出手段に入射するスリット反射光が入射面に平行な方向、すなわち、スリットの幅方向に横ずれすることを利用して、その横ずれ量を知ることによって半導体ウエハの表面の上下位置を検出することができ、ウエハ表面が投影レンズの合焦基準位置、即ち投影レンズによって投影されるレチクルとの共役面に一致しているか否かを判定するようになされている。

ここで、かかる構成の斜め入射型焦点位置検出装置を用いて半導体ウエハの表面位置を検出する場合、半導体ウエハの表面にフォトリソなどの薄膜が付着されていると、薄膜の表面において反射した反射光と、薄膜を透過して半導体基板の表面において反射した光とによって干渉が生ずるために、検出結果に誤差を生ずることが知られている。この干渉現象による検出精度の低下を防止するために、検出光が変位する投影スリットの幅方向、即ち入射面に平行な方向においてスリットの結像光束の開き角（開口数N.A.）を狭く制限する構成が、本願と同一出願人により特願昭61-144340号として先に提案されている。

この場合、スリット結像光束の開き角N.A.が小さい場合は焦点深度も大きくなり、ピント合わせが困難になるので、上記特願昭61-144340号に開示した如く、合焦検出手段のピント合わせのために開き角制限用絞り9を光軸を中心として回転可能にすることによって、ピント調節時にはN.A.を大きくしてピント合わせの精度を高め、焦点検出としての使用時にはN.A.を小さくして、前述した干渉現象による検出誤差を低減する方法を採用していた。

〔発明が解決しようとする問題点〕

そして、このような表面検出装置においては、スリット検出光の入射角を大きくするほどスリット反射光の変位量が拡大されるため検出精度を向上させることができ、またレジストの表面での反射光をより大きくできるため干渉現象による誤差を低減することが可能である。しかしながら、スリット検出光の入射角を $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 程度に大きくすると、集光光学系の対物レンズの光軸が被検面に対して平行に近い角度となって被検面との間の空間が極めて僅かとなるため、大口径の対物レンズを用いることができず、必然的にスリット像を形成する光束のN.A.がスリット像の変位方向（入射面に平行な方向）で小さくなってしまふ。このため、スリット像のピント合わせに際して十分に大きな開き角の光束を用いることが難しくなる。即ち、照射光学系による照射光束の被検面への入射角を大きくして斜入射型の焦点検出手段としての精度を基本的に高めようとしても、スリット像のピント合わせの精度向上が困難となり、焦点検出系全体としての精度の向上を達成することは困難であった。

本発明の目的は、被検面に対して斜方向からスリット像を投影する斜入射型の表面変位検出装置において、スリット像投影用の入射角を大きくして被検面の変位検出の精度を原理的に向上させつつ、しかも被検面に投影されるスリット像のピント調節を正確に行うことが可能であり、以て被検面の変位検出の精度を実質的に高めることが可能な表面変位検出装置を提供することにある。

〔問題点を解決する為の手段〕

本発明では、被検面上に該被検面に対して斜め方向から所定形状のパターンを投射する照射光学系と、該被検面で反射された光束を受光して前記所定パターンの像を再結像するための集光光学系と、該反射光束の集光光学系による集光位置を検出する検出手段とを有する表面変位検出装置において、前記照射光学系により被検面上に投射されるパターンを該被検面に対する光束の入射面に垂直な直線状パターンとし、前記照射光学系と集光光学系との少なくとも一方に前記入射面に平行な方向において結像光束の開き角N.A.を小さく制限する制限手段を設け、前記入射面に垂直な直線状パターンと同一の光軸上位置に該入射面に平行な直線状パターンを配置すると共に、該入射面に平行な直線状パターンの像の位置を変位させる光学部材を配置し、該光学部材による該入射面に平行な直線状パターンの像の結像状態によって前記入射面に垂直な直線状パターンの光軸方向での基準位置を設定し、前記入射面に垂直な直線状パターンの前記検出手段上における像の変位量によって被検面の変位を検出し得る構成としたものである。

尚、以下では便宜のため、入射面を基準として、入射面に垂直な直線状パターンを単に垂直パターンと言い、入射面に平行な直線状パターンを単に平行パターンという。

〔作 用〕

このように干渉現象に伴う垂直パターンの検出誤差を低減するために結像光束の開き角が入射面に平行な方向で制限されてはいても、入射面に垂直な方向においては結像光束の開き角が制限されないため、平行パターンの結像光束は大きな開口数を維持して焦点深度が浅くなっており、正確な軸上位置の検出が可能である。従って、平行パターンを表面変位検出用の垂直パターンと同一光軸上に設けて、この平行パターンのピント調節を行うことにより、垂直パターンの位置を所定の基準位置に正確に調節することが可能である。

すなわち、本発明においては平行パターンを用いて入射面に垂直な方向の結像によってピント合せが可能な構成としたため、入射角の増大に関係なくピント調節のための結像光束の大きな開口数 (N.A.) を確保することが可能となり、平行パターンの像を精度よく検出部に結像することができる。このため、入射角が 80° を超える大きな角度とすることによる変位検出精度の原理的な向上と相俟って、正確なピント検出によって極めて精度の高い変位検出が可能となる。

そして、表面変位検出用の垂直パターンとピント検出用の平行パターンとを一体的に設けて、実質的な十字状パターンを被検面に投射する構成とすることが可能であり、また表面変位検出用の垂直パターンを、ピント検出時のみ光軸を中心に 90° 回転して平行パターンとして用いるように構成することも有効である。

〔実施例〕

以下、実施例に基づいて本発明を詳述する。

第1図は本発明による表面変位検出装置の第1実施例の概略構成を示す図であり、(A)は光路の概略平面図、

(B)は入射面内での光路を示す概略側面図である。光源11からの照射光束はコンデンサーレンズ12によって集光されてスリット板13を照射する。スリット板13は第1図(C)の平面図に示される如く、互いに直交する直線状パターンとしての2本のスリット13Aと13Bとからなる実質的な十字状スリットを有し、光軸に対して垂直に設けられている。スリット板13上の十字状スリットの像が照射対物レンズ14によって、入射角 α で被検面1上に投射される。被検面1からの反射光は集光対物レンズ21によって、第1図(D)の平面図に示す如き矩形開口を有する絞りを介して集光され、受光スリット板23上に十字状スリットの像を再結像する。この受光スリット板23は、第1図(E)の平面図に示される如き十字状スリットを有し、受光スリット板23を通過した光束が光電変換素子24からなる検出部に入射する。ここで、光源11から投射対物レンズ14までが照射光学系を構成し、集光対物レンズ21から受光スリット板23までが集光光学系を構成している。集光光学系中に配置された第1及び第2の平行平板25,26は互いに直交方向で光軸に対する傾斜角を変更可能に構成されて、傾斜角を変更することによって射出光束を所望の量だけ平行移動するためのものであ

る。尚、第1図(A)において入射面は紙面に垂直であり、第1図(B)において入射面は紙面に一致している。

第1図(D)の平面図に示す如き矩形開口を有する絞り22は、集光対物レンズ21の射出瞳上に配置されている。この矩形開口22aの長手方向は入射面Sに垂直であり、この矩形開口によって入射面に平行な方向での結像光束の開き角、即ち開口数(N.A.)が制限され、絞り22は投射パターンの結像光束の入射面に平行な方向での開口数を制限するための光束制限手段として機能している。従って、第1図(A)及び(B)の光路の比較から明らかな如く、スリット板13上のパターンが被検面1での反射を介して受光スリット板23上に再結像される結像光束は、入射面に垂直な方向では大きく、入射面に平行な方向では小さくなっている。

このような構成において、照射光学系によって被検面1上に投射される十字状スリットの入射面Sに垂直な直線状パターン13Aの受光スリット板23上における入射面に平行な方向での変位量 Δy を検出することによって被検面1の上下方向の変位を検出することができる。そして、十字状スリットの入射面Sに平行な直線状パターン13Bの受光スリット板23上におけるピント検出を行うことによって、スリット板13と受光スリット板23との共役関係を正確に設定することができ、これによって垂直パターン13Aによる被検面の変位検出のための基準設定が高精度で達成される。

まず、スリット板13上の入射面に垂直な直線状パターン13Aによる被検面の変位検出について述べる。

受光スリット板23は入射面に平行な方向で所定の振幅で振動可能に構成されており、受光スリット板23上に結像される垂直パターン13Aの結像光束の光強度分布を検出素子24の出力から検出するようになされている。受光スリット板23の入射面に垂直な開口23Aは、その長手方向がスリット板13の直線状パターン13Aと一致するように設定され、矢印aで示すように、この開口23Aと直交する方向に所定の振幅で振動するようになされている。

ここで、被検面1が基準位置 Z_0 の高さにあるとき、被検面1からの反射光が受光スリット板23の基準位置 P_0 に入射するような光学系が形成されている。このように基準位置 P_0 に反射光が入射するとき、受光スリット板23が基準位置 P_0 を中心として周期Tで振動することにより、検出部24に到達する光の強さがほぼ周期T/2の正弦波状に変化し、これにより検出部24から周期T/2の正弦波検出出力を得ることができる。そしてこの検出出力を別途同期検波することにより、反射光がその入射方向と直交する方向に位置ずれすれば、その位置ずれ量に相当する検波出力を得ることができ、被検面の位置を、検出部24の検出出力に基づいて検出することができる。

なおこの同期検波の手法によって変位量を知る方法は、例えば特開昭58-42205号公報に開示されており、光電

顕微鏡の原理とされている。

具体的には、例えば第1図(B)において、被検面1が下方に距離 ΔZ だけ変位したとすると、受光スリット板23上でのスリット像の変位 Δy は、 β を受光側対物レンズ21の結像倍率、 α をスリット検出光の被検面1の法線に対する入射角(投射対物レンズの光軸と被検面1との成す角)として、

$$\Delta y = 2 \cdot \beta \cdot \sin \alpha \cdot \Delta Z \quad \dots\dots\dots (1)$$

と与えられ、この関係によって、検出素子24から得られる受光スリット板23上でのスリット像の位置ずれ量 Δy から、被検面1の変位量 ΔZ を検出することができる。上記の原理に基づく変位検出において、集光対物レンズ21によるスリット13Aの像の変位から被検面の変位を検出するに当たって、上記矩形開口を有する絞り22により、入射面内でのスリット像の結像光束の開き角 θ_B は小さく制限されているため、スリット13Aの結像に寄与する光束の被検面に対する最大入射角と最小入射角との差が小さく、この結果入射角の差異による光路差の違いから生ずる干渉の差に起因するデフォーカス時の光量分布の変動が低減されている。この現象の解析及び実際例については、先の特願昭61-144340号に詳述したとおりである。

そして、上記のように入射面に垂直なスリット13Aの入

$$\Delta F = \frac{\lambda}{2 \cdot N.A.^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

と定義すれば、焦点深度は開口数の自乗に反比例する。尚、開口数(N.A.)は、結像光束の開き角 θ として、 $N.A. = \sin \theta / 2$

で定義される。

第2図は開き角制限絞り22の矩形開口22aと、スリット板13上の2つの直線状スリット13A、13Bからなる十字状スリットの像との位置関係を示す平面図である。焦点調整時には開き角制限絞り22の矩形開口22aの長さ W_H の大きい方向を通過して結像するスリット13Bを使用するため、受光スリット板23上に結像される直線状スリット13Bの結像光束の開き角 θ_A は制限されずに大きくなるから、(2)式の如く焦点深度 ΔF 開口数(N.A.)の2乗に反比例する関係で小さくすることができ、高い精度で焦点調整することができる。具体的には、開き角制限絞り22の矩形開口22aの長さ W_H 及び幅 W_V の値として、焦点調整用に入射面に垂直な方向での開き角 θ_A が例えば $N.A. = 0.1$ になるように幅 W_H を設定し、変位検出用に入射面に沿う方向の開き角 θ_B が $N.A. = 0.025$ となるように絞り幅 W_V を設定する。

このようにすれば、焦点調整時における入射面に平行な方向のスリット13Bの焦点深度 ΔF は(2)式において $\lambda = 740\text{nm}$ としたとき $37\mu\text{m}$ になるのに対して、表面の変位検出動作をするための入射面に垂直なスリット13A

射面に沿う方向での変位量から被検面の上下変位を精度良く検出するためには、被検面の基準位置において入射面に垂直なスリット13Aの像が受光スリット板23上に正確に結像していることが必要である。

次に、被検面が基準位置にある状態において、スリット板13と受光スリット板23とのピント合わせによる基準設定を行う場合について説明する。

スリット板13上の十字状スリットのうち入射面Sに平行な直線状パターン13Bは、第1図(A)の平面光路図に示す如く、結像光束のうち入射面に垂直方向の成分で受光スリット板23上に結像される。集光対物レンズ21の射出瞳上に配置された、第1図(D)の平面図に示す如き矩形開口を有する絞り22は、その矩形開口の長手方向が入射面に垂直であるため、入射面に垂直な方向での結像光束の開き角 θ_A は第1図(A)に示す如く、第1図(B)に示した入射面内での開き角 θ_B よりも大きい。このため入射面に垂直な方向のスリット13Bの結像における焦点深度は浅くなり、正確なピント合わせが可能である。

変位検出の精度を維持するためには、合焦調整においてデフォーカス量を焦点深度の約1/4以下程度に抑える必要がある。因に、使用波長 λ を入、結像光束の開き角に対応する開口数をN.A.として、焦点深度 ΔF を、

に関しては焦点深度 ΔF が $\Delta F = 592\mu\text{m}$ になる。この条件の下で、スリット板13と受光スリット板23との焦点調整をすれば、入射面に平行なスリット13Bを焦点深度 ΔF の2倍(すなわち $74\mu\text{m}$)以内に調整できれば、入射面に垂直なスリット13A($N.A. = 0.025$)の焦点を焦点深度の1/8以内に調整したことになり、デフォーカスによる焦点ずれの影響が生じないように調整できる。

このような入射面に平行な直線状パターンによりスリット板13と受光スリット板23とのピント合わせによる基準設定を行う場合には、第1図(A)及び(B)に示した如く、集光光学系中に配置された2つの斜設平行平面板25、26を用いるのが好ましい。すなわち、まず入射面に平行なスリット13Bのピント合わせのために、第2の斜設平行平面板26をその入射面に平行な軸26aを回転軸としてある角度だけ回転することによって、第3図に示す如く、受光スリット板23上でその入射面に平行なスリット23Bに対して、スリット13Bの像を入射面に垂直な方向で走査し、この間の検出部24の出力が最大となるように、スリット板13と受光スリット板23との軸上位置を設定する。或いは、この間の検出部の出力が最大となる時の被検面の位置を基準位置、すなわち焦点調整がなされている状態としてピント合わせによる基準位置設定を達

成する。

そして、このようなピント合わせの終了後に、第1斜設平行平板25をその入射面に垂直な軸25aを回転軸として微小角度だけ回転することによって、受光スリット板23上の入射面に垂直なスリット23Aとスリット板13上の入射面に垂直なスリット13Aの像とが一致するように調整する。このように、2つの斜設平行平板25, 26の角度調整によって被検面の基準位置におけるスリット板13と受光スリット板23との基準位置設定が完了する。尚、この基準設定が終了した時点では入射面に平行なスリット13Bは不要となるため、第2斜設平行平板26を回転して、スリット13Bの像13B' が受光スリット板23上の入射面に平行なスリット23Bに入射しないように、第3図に示す如く、スリット幅の数倍の量 Δx だけ移動させておくことが望ましい。

第2実施例

第4図は本発明による第2実施例の概略構成を示す図であり、(A)は光路を示す側面図である。本実施例は、投影対物レンズLによって所定パターンの像がウエハ上に転写される投影型露光装置におけるウエハ面の焦点検出装置として、本願発明の表面変位検出装置を採用したものである。この実施例では、投影対物レンズLの光軸Axに垂直にウエハ面が配置され、このウエハ面上に図示なきレチクル面上のパターンが極めて狭い焦点深度で投影されるため、ウエハ面を被検面1として、その光軸Ax上の位置を正確に検出することが必要である。本実施例の表面変位検出装置も原理的には前記第1実施例と同様であるが、照射対物レンズ14と被検面1との間、及び被検面1と集光対物レンズ21との間にそれぞれミラー10M, 20Mが配置されており、これによって照射対物レンズ14と集光対物レンズ21とは被検面1から離れて配置することができ、表面変位の検出精度を向上させるために大きな入射角とするのに有利である。また、照射対物レンズ14の光軸と集光対物レンズ21の光軸とが共に投影対物レンズの光軸Axに平行に構成されている。そして、被検面としてのウエハ面の変位検出のための光源11からの波長 λ_1 は、投影対物レンズLによるウエハの露光波長 λ_0 と異なるようにすることによって、ウエハ上に塗布されているレジストを感光させないようにでき、レジストの露光中においても表面の変位を検出し続けることが可能である。尚、第4図中において前記第1実施例と同等の機能を有する部材には同一の記号を付した。

この第2実施例では、スリット板33は第4図(B)の平面図に示す如く、十字状スリットではなく一本のスリット33aのみを有し、光軸に一致する軸を中心として90°回転可能に構成されている。すなわち、ピント合わせのために必要な入射面に平行なスリットと変位検出のために必要な入射面に垂直なスリットとを、一本のスリット33aが回転することによって両者の機能を共用するように構成されている。そして、結像光束の入射面に沿う方

向での開き角を制限するための集光光学系内に配置された絞り22に加えて、照射光学系内においても同様の開き角制限絞り15を設けており、その位置は照射対物レンズ14の入射瞳位置に相当している。この絞り15は第4図

(C)の平面図に示す如く、入射面Sに垂直な方向に長い矩形開口15aを有しており、第4図(D)に示した集光光学系中の絞り22の矩形開口22aと同様の形状を有している。このように照射光学系内に開き角制限絞りを設けることとすれば、被検面の変位検出に必要な最小限の光束のみが被検面に照射されるため、余分な光によるノイズを除くのに有効である。

そして、この実施例では、変位検出のための受光スリット23の振動に代えて、集光対物レンズ21と受光スリット板23との間に配置された振動鏡27を用いており、振動鏡を入射面に垂直な軸を回転中心として振動させることによって、固定された受光スリット板23に対してスリット33aの像を入射面Sに沿う方向で振動させる構成としている。また、この実施例においても、スリット板13と受光スリット板23との基準位置設定のためには、集光光学系中に配置された2つの斜設平行平板25, 26を用いることができる。尚、受光スリット板23と検出器24との間に配置された正レンズ28はスリット透過光を集光して検出器の検出感度を高めるためのものである。

ところで、第4図に示した第2実施例において、結像光束の開き角を制限するための絞り15や22を設ける代わりに、照射対物レンズ14と被検面1との間に配置されたミラー10Mの形状をこのミラー面での光束を入射面(第4図(A)での紙面)に平行な方向での幅を制限するような細長い矩形とすることによって、実質的な結像光束の開き角を制限することが可能である。同様に、被検面1と集光対物レンズ21との間に配置されたミラー20Mの入射面に平行な方向の幅を制限してこのミラー20Mにおいて結像光束の開き角を制限することも可能である。

第3実施例

第5図は本発明による第3実施例の概略構成を示す側面図である。この第3実施例は本発明による表面変位検出装置に被検面の傾斜角を検出するためのレベリング装置を組み合わせたものである。被検面1としてのウエハ面上には、投影対物レンズLによってレチクル面2上のパターンが投影転写される。第5図においても、前記第1図に示した第1実施例の構成と同等の機能を有する部材には同一記号を付した。

第5図において、表面変位検出装置を形成する光学系の光路については実線で、又レベリング装置の光学系の光路については破線でそれぞれ示した。ここでは、表面変位検出のための照射光学系中の照射対物レンズを第1対物レンズ14aと第2対物レンズ14bとで構成し、両対物レンズの間をスリット板13からの光束に関して平行光束となる構成とし、この両対物レンズ間の平行光束中にレベリング用の照射光を導入するためのダイクロイックミラ

ー10Dを配置している。また集光光学系中の集光対物レンズも同様に第1対物レンズ21aと第2対物レンズ21bとで構成し、両対物レンズの間を平行光束としてその間にレベリング用の検出光を分離するためのダイクロイックミラー20Dを配置している。表面変位検出装置としての光学系の構成は、上記の如き照射対物レンズと集光対物レンズとの構成を除いては前記第1実施例の構成と同等であり、スリット板13、開き角制限絞り22、受光スリット23の平面形状は前記第1図に示したのと同じであり、同様の作用によって被検面1の投影対物レンズLの光軸Axに沿う方向の変位を精密に検出することが可能である。

第3実施例におけるレベリング装置について述べるに、レベリング用の光源41からの光束は第1レンズ42によって集光され、視野絞り43を通過した光束は第2レンズ44によって集光され、ダイクロイックミラー10Dで反射された後、照射用第2対物レンズ14bの前側焦点位置に集光される。従って、第2対物レンズから被検面1に向けて照射されるレベリング用光束は平行光束となり、被検面1で反射された平行光束は集光用第1対物レンズ21aに入射してその後側焦点位置に集光される。集光点からのレベリング用光束は、ダイクロイックミラーで反射されてリレーレンズ45により4分割ディテクター46上に集光される。ここで、視野絞り43は、第5図(B)の平面図に示す如く楕円形の開口43aを有して第5図(A)に示すとおり光軸に対して傾斜して配置されている。この楕円形開口43aの長手方向は入射面Sに沿う方向である。これは、レベリングのために被検面としてのウエハ面上に投射される平行光束の照射領域が、ウエハ面上に形成される矩形のチップにほぼ外接する円形となるようにするためであり、ウエハ面と共役になる視野絞り43の像が、アオリの効果によってウエハ面上に鮮明に形成される。

ところで、表面変位検出の精度を原理的に高めるためには、前述した如く入射角 α をより大きくすることが必要であり、この場合に照射対物レンズ14b及び集光対物レンズ21aの位置が被検面に接近するため、ウエハ等の被検面の処理に制約を生ずることになる。このためには、前記第4図に示した第2実施例の如く、照射光学系と集光光学系とにそれぞれミラー10M、20Mを設けることが可能である。しかしながら、第5図に示した第3実施例においては、レベリング用の光学系を組み合わせるためにダイクロイックミラー10D、20Dが配置されており、これらのダイクロイックミラーの角度依存特性がダイクロイックミラーへの入射角が大きくなる程劣化する傾向にあるため、照射対物レンズ14及び集光対物レンズ21の光軸も被検面1に平行に近い構成としておくことが有効である。このためには、第6図の部分側面図に示す如く、各対物レンズ14b、21aと被検面1との間に、平行な全反射面を有するプリズム10P、20Pを配置して、各光軸を平行

移動して両対物レンズの位置を被検面1から遠ざけるように構成することが好ましい。

また、第3実施例においては、被検面としてのウエハ面の変位検出のための光源11からの波長 λ_1 を、投影対物レンズLによるウエハの露光波長 λ_0 と異なるようにすることは勿論、光源41からのレベリング用の波長 λ_2 も露光波長とは異なる波長とすることが有効であることは言うまでもない。

上記の如き第3実施例の表面変位検出装置は、レベリング機能を兼ね備えているため、前述した本発明のとおり被検面の表面変位を精度良く検出できるのみならず、対物レンズを共用した比較的簡単な構成によって被検面としてのウエハ面上の露光領域の平均的傾斜状態を検出することが可能であり、超LSI等の半導体素子の製造に必須の投影型露光装置におけるウエハの表面位置及び傾き検出のための装置として極めて有用である。

その他の実施例

(a) 上記の本発明による実施例においては、表面の変位検出のために被検面に投射される入射面に垂直な直線上パターンに結像光束を、入射面に沿う方向において制限することによって、被検面上に塗布されたレジスト等の薄膜による干渉によるデフォーカス時の誤差を低減することを可能としたが、被検面への照射光束の波長の帯域を広くすることによって薄膜による干渉に起因する誤差を軽減することも可能である。従って、表面変位検出のための光源11として、ある程度の波長幅の光を供給するものを用いることが好ましい。しかしながら、波長幅が広がるほど対物レンズのその帯域での色収差補正が難しくなるため、 λ_1 として600~800nmの範囲を用いることが望ましい。

(b) 上記の各実施例においては、受光スリット板23に十字状のスリットを設けて、そのうち入射面に平行な方向の直線状スリット23Bを用いて、スリット板13上の入射面に平行なスリット13Bとのピント合わせを行い、また入射面に垂直な方向の直線状スリット23Aを用いて、スリット板13上の入射面に垂直なスリット13Aとの協働により表面の変位を検出する構成であったが、受光スリット板23に一本のスリットのみを設けて第2実施例のスリット板33の如く光軸を中心として90°だけ回転可能とし、ピント合わせによる基準位置設定の時のみスリットの長手方向が入射面に平行になるようにし、通常はスリットの長手方向が入射面に垂直になるように配置しておくことも有効である。

(c) また、上述の実施例においては、集光光学系の検出部として光電変換素子を用いたが、これに代えて受光スリットの矩形開口部に直接ボジションセンサやリニアセンサを配置して検出部とすることもできるし、撮影素子を配置して画像処理によってスリット像の検出を行う構成とすることも可能である。

〔発明の効果〕

以上のように本発明によれば、被検面に対して斜方向からスリット像を投影する斜入射型の表面変位検出装置において、スリット像投影用の入射角を大きくして被検面の変位検出の精度を原理的に向上させつつ、スリット板の基準位置設定の際には入射面に平行な直線状パターンによって開き角に制限の無い入射面に垂直な方向における結像状態により、被検面に投影されるスリット像のピント調節を正確に行うことが可能である。従って、被検面の変位検出の精度を実質的に向上させた優れた表面変位検出装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

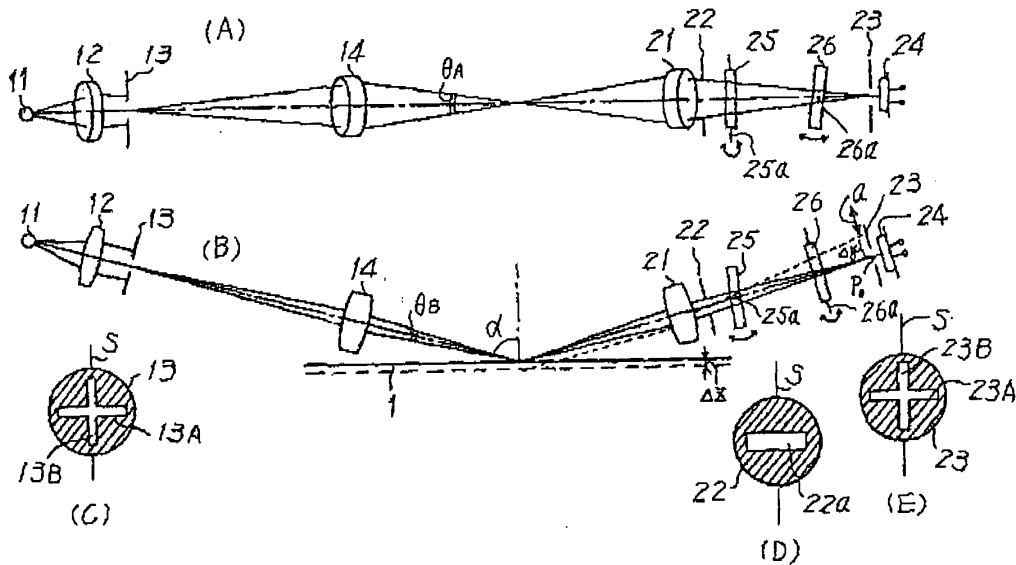
第1図は本発明による表面変位検出装置の第1実施例の構成を示す図、第2図は開き角制限絞りの矩形開口とスリットとの位置関係を示す平面図、第3図はスリットと

矩形開口及び受光スリット板との位置関係を示す平面図、第4図は本発明による第2実施例の構成を示す図、第5図は本発明による第3実施例の構成を示す図、第6図は実施例の変形例を示す部分図である。

〔主要部分の符号の説明〕

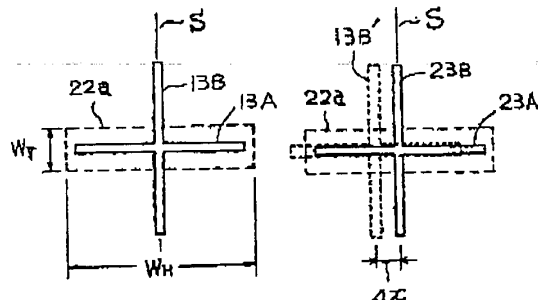
- 1……被検面
- 11……光源
- 13……スリット板
- 13A……入射面に垂直な直線状パターン
- 13B……入射面に平行な直線状パターン
- 22……開き角制限用絞り
- 23……受光スリット板
- 24……検出部
- S……入射面

【第1図】

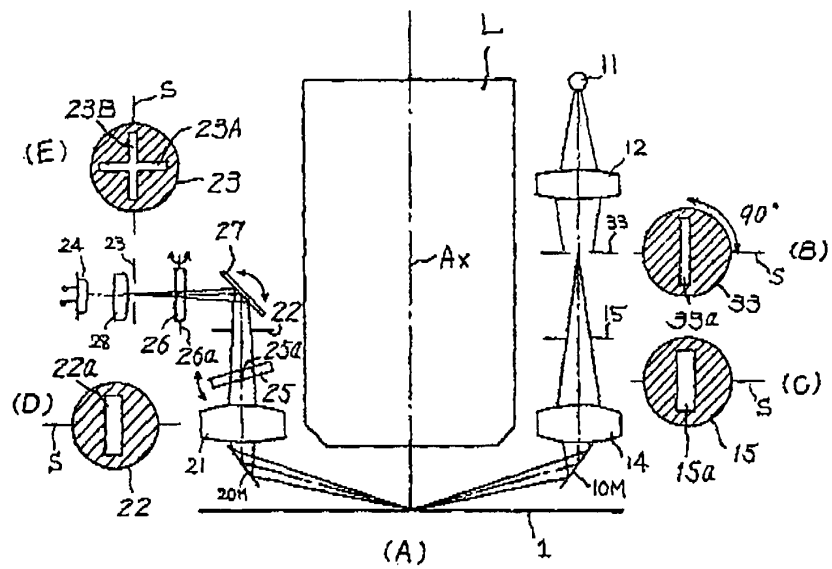


【第2図】

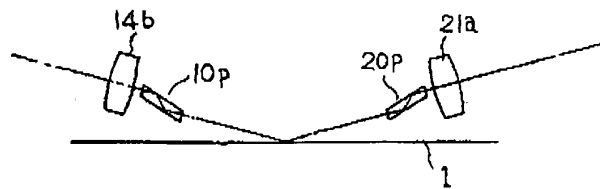
【第3図】



【第4図】



【第6図】



【第5図】

